

10/510017

REC'D 25 JUN 2003

WIPO

PCT



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 14 780.9

Anmeldetag: 03. April 2002

Anmelder/Inhaber: Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Frankfurt am Main/DE

Bezeichnung: Infrarotmessvorrichtung, insbesondere für die
Spektrometrie wässriger Systeme

IPC: G 01 N 21/35

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Walner

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BOEHMERT & BOEHMERT

ANWALTSSOZietät

Boehmert & Boehmert • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstr. 12

80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1972)
DIPLOM.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1982)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA*, Bremen
DIPLOM.-PHYS. DR. HEINZ GORDA, RA*, München
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA*, München
WOLFGANG KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIPLOM.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1903-1992)
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA*, Bremen
MICHAELA HUTTENBERG, RA, München
DIPLOM.-PHYS. DR. MARION TÖNNHARDT, PA*, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen
DIPLOM.-ING. EVA LIESEGANG, PA*, München
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin
DIPLOM.-PHYS. DR. DOROTHEA WIEBER-SCHULS, PA*, Potsdam
DIPLOM.-PHYS. DR. STEFAN SCHORR, PA*, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA*, Düsseldorf
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERTOLD NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIPLOM.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA*, München

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, RA*
DIPLOM.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA*, Düsseldorf
DR.-ING. GERALD KLÖTSCH, PA*, Düsseldorf
DIPLOM.-ING. HANS W. GROENING, PA*, München
DIPLOM.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA*, Düsseldorf
DIPLOM.-PHYS. LORENZ HANDEWINKEL, PA*, Potsdam
DIPLOM.-ING. ANTON FRIEDRICH RIEDERER V. FAAR, PA*, London
DIPLOM.-ING. DR. JAN TÖNNIES, PA, RA, Kiel
DIPLOM.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA*, Kiel
DIPLOM.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA*, Bremen
DIPLOM.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA*, Berlin
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Doktor), RA, München
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA*, Potsdam
KERSTIN MAUCH, LL.M., RA, Potsdam
DIPLOM.-ING. DR. JAN B. KRAUSS, PA, München
JÜRGEN ALBRECHT, RA, München
DR. KLAUS T.M. BRÜCKNER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam
DIPLOM.-ING. NILS T. F. SCHMIDT, PA*, München
FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA*, München
DIPLOM.-ING. DR. MARKUS ENGELHARDT, PA, München
DIPLOM.-CHEM. DR. KARL-HEINZ D. MITTEN, PA*, Potsdam
DIPLOM.-ING. DR. STEFAN TAKUTIS, PA, Düsseldorf
PASCAL DECKER, RA, Potsdam

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with
DIPLOM.-CHEM. DR. HANS-ULRICH MAY, RA*, München

PA = Patentanwalt/Patent Attorney
RA = Rechtsanwalt/Attorney at Law
• = European Patent Attorney
• = Brandenburg, zugelassen am OLG Brandenburg
• = Maître en Droit
• = Licencié en Droit
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante
Professional Representation of the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen
Your ref.

Neuanmeldung
(Patent)

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

J50002

Bremen,

3. April 2002

Johann Wolfgang Goethe Universität
Senckenberganlage 31
60054 Frankfurt am Main

Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere für die Spektrometrie wässriger Systeme

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft Infrarotmeßvorrichtungen, insbesondere für wässrige Systeme, die mindestens eine Meßeinheit, insbesondere eine Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper sowie mindestens eine Infrarot-Lichtquelle umfassen. Des weiteren betrifft die Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung für die qualitative und quantitative Bestimmung von Inhaltsstoffen in insbesondere wässrigen Systemen.

- 46.595 -

Hollerallee 32 • D-28209 Bremen • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen • Telephon +49-421-34090 • Telefax +49-421-3491768

MÜNCHEN - BREMEN - BERLIN - DÜSSELDORF - FRANKFURT - BIELEFELD - POTSDAM - BRANDENBURG - KIEL - PADERBORN - LANDSHUT - HÖHENKIRCHEN - ALICANTE

<http://www.boehmert.de>

e-mail: postmaster@boehmert.de

Die Infrarotspektroskopie ist dem Fachmann hinlänglich bekannt und wird insbesondere in der organischen Chemie zur Bestimmung funktioneller Gruppen eingesetzt (s.a. Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie, M. Hesse et. al., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1984, Kapitel 2), wobei sich die Proben in allen drei Aggregatzuständen sowie im gelösten Zustand vermessen lassen. Neben dem Einsatz in der Strukturaufklärung ist auch bereits vorgeschlagen worden, IR-spektroskopische Verfahren für die Prozeßanalytik einzusetzen.

In der DE 36 05 518 A1 wird eine Meßzelle für die IR-Spektrometrie beschrieben, mit der sich auch von kleinen Probemengen Absorptions- bzw. Emissionsspektren kontinuierlich aufnehmen lassen, so daß z.B. chromatographisch aufgetrennte Probefraktionen kontinuierlich detektiert werden können. Man verwendet hierfür eine Meßzelle, die über einen sogenannten ATR-Kristall (ATR = Attenuated Total Reflection) verfügt. Als Infrarotlichtquelle kommt eine solche mit kontinuierlichem Spektrum zum Einsatz. Sobald die, eine Innenwand der Meßzelle bildende Fläche des ATR-Kristalls mit einer stationären Phase eines Chromatographieverfahrens versehen werden soll, um eine die Meßzelle durchströmende Probe zu untersuchen, wird vorgeschlagen, parallel oder nacheinander auch ATR-Fluoreszenz-, Phosphoreszenz- oder Raman-Spektren zu messen. Um auch sehr geringe Probenmengen vermessen zu können, wird in der DE 36 05 518 A1 eine Meßzelle offenbart, deren mittlerer Bereich durch ein zusätzliches Element ausgefüllt wird, wodurch die Konstruktion dieser Meßzelle sehr kompliziert wird und ein Verstopfen beim Durchfließen nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Um die Messung dennoch fortführen zu können, ist dann zumeist die komplette Meßzelle auszuwechseln. Im übrigen sind der DE 36 05 518 über die kontinuierliche Kontrolle von Chromatographieverfahren hinaus keine Hinweise zu entnehmen, ob bzw. gegebenenfalls wie sich mit der beschriebenen Meßzelle bestimmte Substanzen qualitativ oder quantitativ ermitteln lassen.

In der DE 100 15 615 A1 wird eine Meßanordnung für den Spurennachweis von gasförmigen Substanzen, die in extrem geringen Konzentrationen vorliegen, beschrieben. Hierbei handelt es sich um ein Gasmeßsystem mit einer offenen optischen Meßstrecke zur spektroskopischen Messung mindestens einer Komponente einer Gasprobe mit einer Laserquelle, enthaltend eine

Referenzgasprobe für das zu messende Gas, zwei Strahlungsdetektoren für den Hauptstrahl und den Referenzstrahl und mindestens zwei Strahlungsreflektoren. Mit dem offenbarten Gasmeßsystem lassen sich z.B. optische Meßstrecken von 1 bis 200 Metern vermessen, wobei auf einen Retroreflektor verzichtet werden kann. Als Laserquellen kommen ein pulsformige Strahlung im nahen bis mittleren Infrarotbereich emittierender Quantenkaskadenlaser oder eine im nahen Infrarotbereich im Dauerbetrieb kontinuierliche Strahlung aussendende Laserdioden, die ein stark divergentes Strahlenbündel mit einem Öffnungswinkel α von etwa 35° emittiert, zum Einsatz. Mit dem Gasmeßsystem gemäß DE 100 15 615 A1 lassen sich Gase wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Salzsäure und Methan detektieren.

Gemäß DE 43 24 141 A1 lassen sich auch niedrige Isopropanol-Gehalte ($< 10\%$) in Feuchtemitteln für Druckmaschinen kontinuierlich bestimmen, wenn man mit einer getakteten IR-Strahlungsquelle nach einem modifiziertem Vier-Strahl-Verfahren arbeitet. Als Infrarot-Strahlungsquelle kommt wiederum eine solche mit einem kontinuierlichen Spektrum im nahen Infrarotbereich in Betracht.

Um die Konzentration von Inhaltsstoffen in wässrigen Flüssigkeiten verläßlich und reproduzierbar bestimmen zu können, ist gemäß DE 197 48 849 A1 der zu messende Analyt vor der Messung gezielt einer chemischen Reaktion zu unterwerfen, welche die übrigen Bestandteile der flüssigen Probe unbeeinflusst läßt. Darüber hinaus hat die chemische Reaktion mit dem Analyten derart zu sein, daß eine einwandfreie IR-spektrometrische Konzentrationsbestimmung ermöglicht wird. Wiederum werden keine anderen als die herkömmlichen, ein kontinuierliches Spektrum aufweisenden Infrarotquellen eingesetzt.

Bei der Herstellung von alkoholischen wie nicht-alkoholischen Getränken ist es erforderlich, die Konzentration der jeweiligen Inhaltsstoffe möglichst zu jedem beliebigen Zeitpunkt, geeigneter Weise kontinuierlich, bestimmen zu können, um Produktausschuß zu minimieren und eine möglichst hohe Qualität sicherstellen zu können. Der Gehalt an z.B. Zucker oder Alkohol in Getränken wird trotz der mittlerweile zur Verfügung stehenden, weit entwickelten spektrometrischen Verfahren heutzutage immer noch über Dichte-Messungen ermittelt. Diese Ver-

fahren sind sehr aufwendig, erfordern eine ausgefeilte und anspruchsvolle Meßtechnik und eignen sich nur bedingt für kontinuierliche Messungen, also beispielsweise für den On-line-Einsatz.

Insbesondere bei Qualitätsweinen läßt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Frage der Echtheit der ausgewiesenen Produkte zumeist nur mit Hilfe sehr kostspieliger Techniken, wie z.B. der mehrdimensionalen NMR-Spektroskopie, verläßlich feststellen. Zudem können nur hochqualifizierte Fachleute derartige NMR-Geräte betreiben und die mit diesen erhaltenen Spektren auswerten.

Darüber hinaus sind z.B. in der medizinischen Diagnostik selbst für Routineuntersuchungen von Blut oder Urin regelmäßig größere Probemengen erforderlich, was einen hohen Material- wie auch Personalaufwand mit sich bringt, und vom behandelten Patienten häufig als unangenehm empfunden wird.

Es wäre daher wünschenswert, auf Vorrichtungen und Verfahren zurückgreifen zu können, mit denen sich auch geringe Mengen an Inhaltsstoffen in insbesondere wässrigen Systemen qualitativ wie quantitativ auf einfache Weise sehr genau bestimmen lassen.

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, eine Meßvorrichtung zu finden, die einfach herzustellen und zu handhaben ist, sich darüber hinaus durch äußerste Robustheit auch im Dauerbetrieb, z.B. unter Produktionsbedingungen bei der Herstellung von Getränken, sowie durch äußerste Präzision bei der qualitativen sowie quantitativen Bestimmung von Inhaltsstoffen in Flüssigkeiten auszeichnet.

Demgemäß wurde eine Infrarotmeßvorrichtung gefunden, bei der die Infrarot-Lichtquelle eine oder mehrere Quantenkaskadenlaser umfaßt, und bei der eine Meßeinheit, insbesondere eine Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, vorliegt.

Quantenkaskadenlaser, die für die erfindungsgemäße Meßvorrichtung geeignet sind, sind z.B. aus der EP 0 676 839 A sowie aus der US 5,509,025 bekannt, in denen deren grundsätzliche Funktionsweise sowie deren Aufbau beschrieben werden. Bevorzugt wird auf Quantenkaskadenlaser zurückgegriffen, die elektromagnetische Strahlung im mittleren Infrarotbereich abstrahlen. Für die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung kommen z.B. solche Quantenkaskadenlaser in Betracht, die nur eine definierte Frequenz, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, abstrahlen, wie auch solche, die zwei, drei, vier, fünf oder mehrere Frequenzen, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, abstrahlen können. Selbstverständlich können diese Infrarotmeßvorrichtungen auch nicht nur mit einem, sondern mit zwei oder mehreren der vorhergehend beschriebenen Quantenkaskadenlaser ausgerüstet sein. Sofern in einer erfindungsgemäßen Meßvorrichtung ein Quantenkaskadenlaser zum Einsatz kommt, der in der Lage ist, elektromagnetische Strahlung mindestens zweier unterschiedlicher Frequenzen, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, abzustrahlen oder sofern mehrere Quantenkaskadenlaser in einer solchen Meßvorrichtung nebeneinander zum Einsatz kommen, kann die elektromagnetische Strahlung, insbesondere wenn sie unterschiedliche Frequenzen aufweist, zeitgleich oder nahezu zeitgleich oder auch in zeitlicher Abfolge abgestrahlt werden. Auf diese Weise ist es möglich, das spektrometrische Verhalten einer Substanz in einer Probe umfassend zu charakterisieren. Des weiteren ist es möglich, mehrere in einer Probe vorliegende Inhaltsstoffe in kürzester Zeit, d.h. gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig, zu untersuchen. Nahezu zeitgleich bzw. gleichzeitig im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet, daß Signale so geringfügig zeitlich versetzt abgestrahlt werden, daß aus den jeweils detektierten Absorptionssignalen keine signifikanten Unterschiede gegenüber den bei absolut gleichzeitig ausgesendeter Strahlung detektierten Absorptionssignalen zu erkennen sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird von dem eingesetzten Quantenkaskadenlaser elektromagnetische Strahlung in Form von Pulsen mit definierter Zeitdauer emittiert. Diese Pulsdauer ist in weiten Bereichen frei wählbar und kann dazu benutzt werden, um für jeden zu untersuchenden Inhaltsstoff optimierte spektrometrische Untersuchungsbedingungen zu erzeugen. So können, wenn mehrere Inhaltsstoffe in einer Probe vermessen werden sollen, je nach Frequenz der emittierten elektromagnetischen Strahlung unterschiedlich lange Pulsdau-

ern gewählt werden. Beispielsweise können Inhaltsstoffe mit schwach absorbierenden Chromophoren Pulsen längerer Pulsdauer ausgesetzt werden, während bei stark absorbierenden Substanzen sehr kurze Pulsdauern ausreichen, um ein zufriedenstellendes Signal detektieren zu können. Bereits dieses unterschiedliche Absorptionsverhalten kann für die Analyse verwendet werden und in einer in Wirkverbindung mit einem Detektor stehenden Auswerteeinheit zwecks sofortigen Abgleichs abgespeichert bzw. in geeignete Analyseprogramme eingebunden werden. Demgemäß ist es mit der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung möglich, elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Frequenz, entweder ausgehend von nur einem Quantenkaskadenlaser oder aber durch Verwendung mehrerer Quantenkaskadenlaser, in beliebiger Abfolge, beispielsweise in sequentieller Folge abzustrahlen. Dieses trifft insbesondere auf die vorhergehend beschriebene gepülste Strahlung zu.

Über die freie Wahl der Pulsfolge der abgestrahlten Frequenzen der elektromagnetischen Strahlung können erfindungsgemäß Pulsmuster verwendet werden, die auf das jeweilige Analyseproblem zugeschnitten sind. Beispielsweise können bei Kenntnis der in einer Flüssigkeit vorliegenden Inhaltsstoffe die Frequenzen und Pulsdauern derart vorgegeben werden, daß sich über die Art und den Umfang der detektierten Signale mit Hilfe einer Auswerteeinheit, insbesondere einer computergestützten Auswerteeinheit, ohne weiteres ermitteln läßt, welche Inhaltsstoffe, gegebenenfalls auch in welcher Konzentration, in der untersuchten Probe vorliegen. Diese Muster an Pulsabfolge und Pulslänge von zwei oder mehreren Frequenzen können wiederum dazu genutzt werden, bestimmte Muster an Antwortsignalen zu erzeugen, die für bestimmte Zusammensetzungen charakteristisch sind. Auf diese Weise ist es möglich, innerhalb von kürzester Zeit festzustellen, ob bzw. in welcher Konzentration bestimmte Inhaltsstoffe in einer Probe vorliegen. Besonders bevorzugt wird demgemäß elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Frequenz nach einem Multiplex-Muster, insbesondere pulsweise, abgestrahlt. Sogenannte Multiplex-Spektrometer sind dem Fachmann bekannt. Die detektierten Signale werden vorzugsweise mit Hilfe bekannter Methoden wie der Faktoranalyse, den Multiple Least Square Algorithmen oder der neuronalen Netzwerk-Analyse ausgewertet. Hierfür wird regelmäßig auf computergestützte Auswerteeinheiten zurückgegriffen.

Darüber hinaus ist es unter Verwendung von Quantenkaskadenlasern möglich, nicht nur Strahlung unterschiedlicher Frequenzen in bestimmter zeitlicher Abfolge durch den ATR-Körper zu senden. Vielmehr kann man ebenfalls unterschiedliche Frequenzen zeitgleich abstrahlen, wobei insbesondere Anzahl und Frequenz der emittierten Strahlung fortwährend variiert werden können. Auf diese Weise lassen sich Frequenzmuster zusammenstellen, die charakteristische Absorptionssignale für zu untersuchende Zusammensetzungen generieren, wodurch Vielkomponentenmischungen, insbesondere auch in wässrigen Systemen, in kurzer Zeit analysiert werden können. Die vorhergehend beschriebene Analysemethode kann auch mit Matrix-Codierung/Matrix-Dekodierung bezeichnet werden.

Die in der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung zum Einsatz kommende Meßeinheit enthält mindestens einen ATR-Körper. ATR-Körper werden im Stand der Technik auch als ATR-Kristalle bezeichnet, wenngleich diese Systeme nicht notwendigerweise in Kristallform vorliegen müssen. Demgemäß stellt z.B. auch gesintertes Silberchlorid einen funktionstüchtigen ATR-Körper/-Kristall dar.

Als Material für den verwendeten ATR-Körper kommt jedes beliebige Material in Frage, das für die verwendete Strahlung, insbesondere für elektromagnetische Strahlung im Mittel-Infrarotbereich, transparent ist und das darüber hinaus stark lichtbrechend bzw. hochbrechend ist und über einen Brechungsindex verfügt, der größer ist als der von Luft und/oder als der eines mit der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung zu analysierenden bzw. analysierbaren Mediums. Geeignete Materialien für den ATR-Körper umfassen Diamant, Saphir, Cadmi-umtellurid, Thalliumbromid-Jodid, Silizium, Germanium, Zinkselenid, Zinksulphid, Magnesiumdifluorid, Cäsiumjodid, Silberchlorid, Kalziumdifluorid, Kaliumbromid oder Natriumchlorid. Für den Fachmann ist ersichtlich, daß bestimmte der vorgehend genannten Materialien aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit für die Vermessung wässriger Systeme nicht in Betracht kommen, z.B. ein ATR-Körper aus Natriumchlorid. In einer weiteren Ausführungsform wird auf ATR-Körper aus einem für Infrarotstrahlung transparenten Werkstoff, insbesondere einem Polymerwerkstoff, mit einem Brechungsindex vorzugsweise ≥ 1.5 , insbesondere aus Polyethylen, zurückgegriffen.

In einer weiteren Ausführungsform ist wenigstens eine Begrenzungsfläche des ATR-Körpers, die dem zu analysierenden Medium aussetzbar bzw. ausgesetzt ist mit einer Beschichtung versehen, die für die Meßstrahlung transparent ist. Insbesondere wenn die Beschichtung eine Stärke aufweist, die geringer ist als die Wellenlänge der verwendeten Meßstrahlung, kann auf jedwedes für die Meßstrahlung transparente Beschichtungsmaterial zurückgegriffen werden. Die Dicke bzw. Stärke der Beschichtung ist dagegen unkritisch, wenn es sich bei dem Beschichtungsmaterial um ein solches für einen ATR-Körper handelt. Beispielsweise kann ein ATR-Material wie Zinkselenid, das besonders bevorzugt für die erfindungsgemäß eingesetzten ATR-Körper verwendet wird, mit einer Schicht aus Diamant versehen werden. Man erhält auf diese Weise einen mit einer äußerst widerstandsfähigen und inerten Beschichtung versehenen ATR-Körper. Besonders bevorzugt wird die Diamantschicht nach einem von H. J. Neubert in Optics, Februar 2002, Seite 11, beschriebenen Verfahren aufgetragen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung verfügt die Beschichtung des ATR-Körpers der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung über eine Stärke, die geringer ist als die, vorzugsweise halbe, Wellenlänge der verwendeten Infrarot-Meßstrahlung, insbesondere über eine Stärke im Bereich von etwa 2 nm bis etwa 25 μm , besonders bevorzugt von etwa 2 μm bis etwa 12 μm . Ein geeigneter Beschichtungsstärkenbereich erstreckt sich somit auch von 2 nm bis 12 μm .

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann an Stelle einer Diamantbeschichtung auch eine Schicht aus einem transparenten oder transluzenten Kunststoff, insbesondere Polyethylen eingesetzt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden die mit einer Beschichtung versehenen ATR-Körper-Materialien ausgewählt aus Saphir, Cadmiumtellurid, Thalliumbromid-Jodid, Silizium, Germanium, Zinksulphid, Magnesiumdifluorid, Cäsiumjodid, Silberchlorid, Kalziumdifluorid, Kaliumbromid und Natriumchlorid, wobei Zinkselenid bevorzugt ist.

Der ATR-Körper bildet vorzugsweise mit mindestens einer ebenen Begrenzungsfläche eine Seitenwand der Meßeinheit bzw. -zelle. Der ATR-Körper kann in beliebiger Geometrie vor-

liegen, solange diese zuläßt, daß ein einfallender Strahl derart justiert werden kann, daß dieser vor seinem Austritt aus dem ATR-Körper insgesamt mindestens zweimal, vorzugsweise mindestens dreimal an einer oder mehreren ebenen Begrenzungsflächen reflektiert worden ist. In einer Ausführungsform verlaufen ebene Begrenzungsflächen des ATR-Körpers, an denen der Strahl reflektiert wird, parallel.

In einer weiteren Ausführungsform bestehen mindestens zwei Begrenzungsflächen der Meßeinheit oder -zelle, insbesondere sich gegenüberliegende Wände der Meßzelle, aus jeweils einem ATR-Körper. Darüber hinaus kann auch die gesamte Meßzelle aus einem ATR-Körper gefertigt sein.

In einer weiteren, bevorzugten Ausgestaltung stellt die Meßzelle eine Durchflußzelle dar. Diese hat den Vorteil, daß z.B. auch Prozeßabläufe in unterschiedlichsten Herstellungsverfahren, vorzugsweise im On-line-Modus, untersucht werden können. Diese Durchflußzellen eignen sich besonders für den Einsatz in der Prozeßanalytik.

Darüber hinaus ist es möglich, die Meßzelle bzw. den ATR-Körper auch als Tauchsonde auszugestalten, um z.B. Probensysteme, die sich anderweitig schlecht oder überhaupt nicht vermessen lassen, mit Hilfe der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung zu analysieren. Eine derartige Tauchsonde eignet sich insbesondere auch für Stichprobenkontrollen in unterschiedlichsten Verfahren, bei denen wässrige wie auch nicht-wässrige Systeme zum Einsatz kommen. Beispielsweise können bei Verwendung einer Tauchsonde auf einfache Weise Urin, Blut, Fruchtsäfte, Bier, Spirituosen, Wein, Waschlaugen oder Abwasser auf Inhaltsstoffe, z.B. polare Substanzen wie Saccharide, z.B. Glucose, Alkohole, z.B. Ethanol, oder Phosphorsäureester, untersucht werden.

Insbesondere auch dadurch, daß bei der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung elektromagnetische Strahlung von zwei oder mehreren Frequenzen gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig eingesetzt werden kann, wird sowohl beim Einsatz als Meßzelle wie auch insbesondere bei Verwendung als Tauchsonde stets nur kurzfristig und im allgemeinen zerstörungsfrei in das zu untersuchende System eingegriffen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung stellt die Meßeinheit eine druckstabile Meßeinheit dar. Eine erfindungsgemäße Meßeinheit, insbesondere Meßzelle, zeichnet sich demgemäß auch dadurch aus, daß die Meßeinheit mindestens einen ATR-Körper enthält, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1,5, wobei die Meßeinheit druckstabil ist. Druckstabil im Sinne der vorliegenden Erfindung soll auch umfassen, daß die Meßeinheit auch bei hohen Außen- wie auch hohen Innendrücker im wesentlichen einwandfrei funktioniert, daß z.B. keine Undichtigkeiten oder Beschädigungen auftreten und daß der Meßvorgang nicht durch hohe Außendrucke gestört wird. Bevorzugt wird auf Meßeinheiten, insbesondere Meßzellen, vor allem Durchflußzellen, sowie Tauchsonden zurückgegriffen, die auch bei insbesondere Außendrücker bis etwa 100 bar noch druckstabil sind. Als besonders zweckmäßig haben sich solche Meßeinheiten erwiesen, die im Bereich von 1 bis 25 bar druckstabil sind. Insbesondere haben auch die ATR-Körper als solche druckstabil ausgeführt zu sein und beispielsweise über angemessene Stärken zu verfügen. Druckstabile Meßeinheiten eignen sich beispielsweise für den Einsatz in der Prozeßanalytik, z.B. um ohne die Herstellbedingungen zu ändern, den tatsächlichen Fortgang des Herstellprozesses in Echtzeit verfolgen zu können. Druckstabile Meßeinheiten können demgemäß bei der Getränkeherstellung, z.B. bei der Bierherstellung, oder auch bei chemischen Verfahren eingesetzt werden. Hierbei ist auch von Vorteil, daß sich mit der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung unter Zuhilfenahme einer druckstabilen Meßeinheit polare Substanzen, z.B. Kohlenhydrate und Alkohole, qualitativ und quantitativ bestimmen lassen.

Mit der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung lassen sich sowohl einzelne Inhaltsstoffe als auch komplexe Mischungen an Inhaltsstoffen in Probesystemen eindeutig und exakt untersuchen und charakterisieren. Insbesondere bei Verwendung von elektromagnetischer Strahlung im Mittel-Infrarotbereich gelingt es überraschender Weise Inhaltsstoffe insbesondere in wässrigen Systemen qualitativ und/oder quantitativ zu bestimmen. Unter Strahlung im Mittel-Infrarotbereich wird vorliegend eine Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von etwa 2 μm bis etwa 25 μm , insbesondere von etwa 2,5 μm bis etwa 12 μm verstanden.

Damit liegt erstmalig auch eine, insbesondere auch im On-line-Betrieb einsetzbare, Infrarot-Meßvorrichtung vor, die für die Analyse von wässrigen Systemen, wie insbesondere Bier, Wein, Spirituosen, Softdrinks, Fruchtsäften, Abwasser, Waschlauge, Prozeßflüssigkeiten oder Körperflüssigkeiten, wie Blut, Speichel, Lymphe oder Urin, eingesetzt werden kann. Beispielsweise ist es möglich, den Zucker- und/oder den Alkoholgehalt, beispielsweise den Glucose- und/oder Ethanolgehalt, in Flüssigkeiten gleichzeitig bzw. nahezu gleichzeitig zu bestimmen. Bei Kenntnis der in einer Probe möglicherweise vorliegenden Inhaltsstoffe kann die Suche nach zu detektierenden Signalen auf ganz bestimmte Frequenzen bzw. Frequenzbereiche eingeschränkt werden, wodurch sehr hohe Empfindlichkeiten zu erzielen sind. Beispielsweise können mit Hilfe der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung auch in wässrigen Systemen nebeneinander vorliegende unterschiedliche Saccharidverbindungen, wie z.B. Fructose, Glucose und Galaktose, identifiziert werden.

In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird die erfindungsgemäße Vorrichtung dazu genutzt, die Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse quantitativ und/oder qualitativ zu bestimmen. Dabei kann in einer Ausführungsform eine ebene Fläche eines ATR-Körpers einer Meßeinheit auf das, beispielsweise frisch aufgeschnittene, Fruchtfleisch von Obst oder Gemüse aufgelegt oder eingepreßt werden. Ein nachfolgend beschriebener Hohlkörper, der mit einem ATR-Körper ausgestattet ist, eignet sich besonders gut für diese Messungen. In gleicher Weise kann z.B. auch der Reifegrad von Trauben bestimmt werden, indem der in Wirkverbindung mit einer erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung stehende ATR-Körper, beispielsweise in Ausgestaltung einer Tauchsonde oder des vorgenannten Hohlkörpers, in direktem Kontakt mit dem Fruchtfleisch gebracht oder in dieses eingetaucht wird.

Die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung ist insbesondere auch für die Bestimmung von Inhaltsstoffen insbesondere in der Medizin oder der Tiermedizin besonders geeignet. Beispielsweise können aus Körperflüssigkeiten wie Blut, Urin, Speichel oder Lymphe Inhaltsstoffe qualitativ und/oder quantitativ detektiert werden. Auf diese Weise werden Voraussetzungen für eine schnelle Diagnose geschaffen. So können beispielsweise mit Hilfe einer Durchflußzelle, falls gewünscht sogar On-line, das heißt im Echtzeitmodus, Blutinhaltsstoffe

wie Glucose, Harnstoffe, Kreatinin oder Triglyceride sowie Alkohole, z.B. Ethanol, bestimmt werden. Demgemäß eignet sich die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung z.B. auch für den Einsatz bei der Dialyse. Das ausgetauschte Blut kann fortwährend auf insbesondere relevante oder kritische Inhaltsstoffe untersucht und der Zeitpunkt, zu dem das Blut hinreichend gereinigt ist, exakt ermittelt werden. Hierdurch entfallen unnötig lange Dialysezeiten. Auch aufgrund der klein dimensionierbaren ATR-Körper ist es unproblematisch, für die Verwendung bei der Dialyse auf wegwerfbare oder recycelbare Durchflußzellen zurückzugreifen. Zweckmäßigerweise ist eine solche Durchflußzelle als Modul ausgestaltet, das ohne weiteres in eine Meßstrecke, z.B. in eine blutleitende Kanüle, integriert werden kann.

Aufschluß über den Zustand des bei der Dialyse zu reinigenden Blutes kann darüber hinaus auch durch die mit Hilfe der erfindungsgemäßen Infrarotmeßvorrichtung vorgenommene spektroskopische Untersuchung der bei der Blutreinigung anfallenden Wasch- bzw. Austauschflüssigkeit liefern. Erfindungsgemäß wird besagte Meßvorrichtung auch für die Bestimmung von Inhaltsstoffen in dieser Waschflüssigkeit eingesetzt. Hiermit geht der Vorteil einher, daß die Messung nicht mehr unter sterilen Bedingungen stattzufinden hat, gleichwohl schnelle Aussagen über den Zustand des gereinigten Blutes möglich gemacht werden.

Für die Bestimmung z.B. der vorhergehend genannten Blutinhaltsstoffe mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung reichen aber auch bereits Mengen $< 20 \mu\text{l}$ aus, um exakte Angaben darüber zu erhalten, welche Substanzen gegebenenfalls in welcher Konzentration z.B. im Blut vorliegen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Blutanalyseverfahren ist man auf wesentlich geringere Mengen an Blut angewiesen und kommt darüber hinaus auch ohne weitere Verbrauchsmittel wie Spritzenkörper und -kanülen aus. Zudem gestaltet sich die Entnahme kleiner Mengen an Blut wesentlich einfacher, z.B. auch im Hinblick auf die Einhaltung steriler Bedingungen.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform ist ein Urinal vorgesehen, umfassend ein Urinalbecken, enthaltend mindestens einen ATR-Körper mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex

aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers, vorzugsweise mit einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich, einkoppelbar ist; und/oder mindestens eine Abflußleitung, in die eine Meßeinheit, insbesondere Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers, vorzugsweise mit einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich, einkoppelbar ist. Eine Meßeinheit, umfassend den ATR-Körper, kann z.B. im Urinal selber oder in der herkömmlichen Abflußleitung des Urinals angebracht sein, liegt jedoch vorzugsweise in einer separaten oder von der Abflußleitung abgezweigten Leitung vor. Um reproduzierbare Daten zu erhalten, ist die Meßzelle zweckmäßigerweise als Durchflußzelle mit einem reversibel verschließbaren Ein- und Ausgang ausgestattet. Zudem hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Meßeinheit bzw. -zelle, beispielsweise über entsprechende Kanalsysteme, thermostatiert werden kann. Weiterhin ist es von Vorteil, wenn ein Mittel zum Reinigen der Meßeinheit mit z.B. Reinigungsflüssigkeit und/oder Wasser sowie gegebenenfalls ein Mittel zum Trocknen der Meßeinheit, z.B. ein Gebläse vorgesehen sind.

Ferner hat eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform ein Klosett zum Gegenstand, umfassend eine Klosettsschüssel, enthaltend mindestens einen ATR-Körper mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers, vorzugsweise mit einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich, einkoppelbar ist; und/oder mindestens eine Abflußleitung, in die eine Meßeinheit, insbesondere Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an

mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers, vorzugsweise mit einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich, einkoppelbar ist. Die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung oder eine Meßeinheit können z.B. entweder in die Abflußleitung des Klosetts integriert sein oder, was bevorzugt ist, in einer separaten oder von der Abflußleitung abgezweigten Leitung vorliegen. Wie beim vorhergehend beschriebenen Urinal kann auch die beim Klosett verwendete Meßzelle thermostatisierbar sein. Mit der vorhergehend beschriebenen Kot-Analyse lassen sich z.B. charakteristische Angaben im Hinblick auf die vorliegenden Fette sowie deren Gehalte ermitteln. In den beiden vorhergehend beschriebenen Ausführungsformen steht die Meßeinheit vorzugsweise mit einer über ein Ventil regelbaren Zuleitung für Reinigungsflüssigkeit in Verbindung, mit der nach jedem Meßvorgang die Meßeinheit/Meßzelle, insbesondere der ATR-Körper, gereinigt wird.

Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Hohlkörper, insbesondere eine Nadel, ein Rohr oder eine Tauchsonde, mit nicht-transparenten Seitenwandungen, insbesondere mit einem sich verjüngenden Ende, vorgesehen, bei dem in einem Endbereich oder an einem Ende, insbesondere im sich verjüngenden Ende, des Hohlkörpers ein ATR-Körper dichtend angebracht ist, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, wobei durch das Innere des Hohlkörpers mindestens ein Laserstrahl auf den ATR-Körper einkoppelbar ist.

Derartige Hohlkörper eignen sich insbesondere als Meßzelle oder als Bestandteil insbesondere einer erfindungsgemäßen IR-Meßvorrichtung. Beispielsweise kann besagtes Rohr oder besagte Nadel für die invasive Bestimmung von Inhaltsstoffen im Blut von Lebewesen verwendet werden. Aufgrund der geringen Größe des in der Nadel-/Rohrspitze vorliegenden Miniatur-ATR-Körpers können mit einem derartigen Hohlkörper Echtzeitmessungen vorgenommen werden, beispielsweise bei Belastungstests von Leistungssportlern.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung betrifft eine Kanüle, insbesondere Stent, enthaltend mindestens eine IR-Meßzelle, insbesondere eine Durchflußzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers, vorzugsweise mit einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich, einkoppelbar ist; und/oder mindestens einen vorhergehend beschriebenen Hohlkörper.

Dabei ist vorgesehen, daß der ATR-Körper der Kanüle, welche insbesondere eine vorhergehend beschriebene Infrarotmeßvorrichtung umfaßt, in Wirkverbindung mit mindestens einem Quantenkaskadenlaser und/oder einem Detektor und/oder einer Auswerteeinheit steht. Somit kann ein Laserstrahl in den ATR-Körper eingekoppelt werden.

Auch mit dieser Kanüle gelingt die quantitative und/oder qualitative Bestimmung von Inhaltsstoffen, insbesondere von Sacchariden, Harnstoff, Kreatinin und/oder Triglyceriden, z.B. in Körperflüssigkeiten von Lebewesen.

Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, eine Meßeinheit/Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper für den automatisierten Analysebetrieb, z.B. mit Hilfe eines Analyseautomaten bzw. -roboters. Dieser Analyseautomat umfaßt neben besagter Meßzelle eine Spül- sowie eine Trockenvorrichtung für den ATR-Körper. Auf diese Weise kann z.B. eine Durchflußzelle bzw. eine verschließbare Durchflußzelle oder auch eine Tauchsonde nach dem Meßvorgang gereinigt und für die Folgemessung präpariert werden. Das vorhergehend beschriebene automatisierte Meßverfahren ermöglicht sehr kurze Meßzyklen. Beispielsweise reichen pro Meßvorgang bereits etwa 10 Sekunden aus, um beispielsweise sechs Inhaltsstoffe, z.B. im Blut oder Urin, bestimmen zu können. Somit kann unter Verwendung der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung eine Vielzahl an Proben automatisiert infrarotspektroskopisch vermessen werden.

Als Detektoren für die Registrierung der Meßstrahlung, kann auf alle gängigen, in Infrarotmeßvorrichtungen zum Einsatz kommenden Systeme zurückgegriffen werden. In einer weiteren Ausführungsform können auch Detektoren, wie aus der photoakustischen Spektroskopie bekannt, eingesetzt werden. Einzelheiten zur photoakustischen Spektroskopie sind dem Fachmann bekannt und sind zum Beispiel in „Optische Spektroskopie“, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1994, Kap. 6, beschrieben.

Soweit die detektierten Signale noch weiter aufbereitet bzw. ausgewertet werden sollen, kommen hierfür dem Fachmann hinlänglich bekannte Auswerteeinheiten, insbesondere computergestützte Auswerteeinheiten in Betracht.

- In einer bevorzugten Ausführungsform verfügt die erfindungsgemäße Meßvorrichtung über eine auswechselbare Auswerteeinheit. Beispielsweise kann eine erste Auswerteeinheit gegen eine zweite oder weitere Auswerteeinheit ausgetauscht werden. Dieses hat den Vorteil, daß z.B. auf einer ersten Auswerteeinheit ein Auswertungsprogramm für ein bestimmtes Analyseproblem vorliegt, das bei Änderung der Analyseaufgabenstellung gegen eine zweite bzw. weitere Auswerteeinheit mit einem auf die neue Aufgabenstellung zugeschnittenen Auswertungsprogramm ausgewechselt werden kann. Bevorzugt liegen die Auswerteeinheiten in Form von Auswertemodulen vor, mit denen sich auf einfache Weise Wirkverbindungen mit der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung, insbesondere mit dem Detektor, herstellen lassen, z.B. in Form von Einsteck- oder Einschiebmodulen. Als vorteilhaft hat sich erwiesen, die jeweiligen Auswerteeinheiten durch unterschiedliche Form- und/oder Farbgebung unterscheidbar zu machen. Des weiteren können zwei oder mehrere Auswerteprogramme auf einer Auswerteeinheit vorliegen, die in einer Ausführungsform je nach Bedarf freischaltbar sind.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Abbildungen im Detail beschrieben, ohne daß die Erfindung auf diese besonderen Ausgestaltungen beschränkt sein soll. Es zeigt

Figur 1 eine erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung mit Durchflußzelle in schematischer Darstellung; und

Figur 2 eine erfindungsgemäße Meßeinheit im Querschnitt.

Wie Figur 1 zu entnehmen, kann eine erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung in einer Ausführungsform mit einer Durchflußzelle 1 ausgestattet sein. Eine Längswand der Durchflußzelle 1 wird von einem ATR-Körper 2 mit trapezförmigem Querschnitt gebildet. Die Durchflußzelle 1 ist mit einem zylinderförmigen Kanal 3 ausgestattet, der vorliegend geradlinig durch die Durchflußzelle geführt wird. Ein Lichtstrahl wird über den Quantenkaskadenlaser 4 über die Schmalseite des ATR-Körpers 2 eingeführt und trifft auf die ebene Begrenzungsfläche 5, an die das zu untersuchende Medium angrenzt. Nach mehrmaliger abgeschwächter Totalreflektion wird der austretende Lichtstrahl mit Hilfe eines Detektors 6 registriert und das Signal an eine Auswerteeinheit 7 weitergegeben. Nicht abgebildet bei der Strahlungsquelle bzw. dem Detektor ist jeweils eine Spiegeloptik, mit deren Hilfe z.B. die Strahlführung optimiert und gesteuert wird. Geeignete Spiegeloptiken sind dem Fachmann jedoch hinlänglich bekannt, insbesondere auch im Zusammenhang mit Infrarotspektrometern. Der Durchfluß des Probemediums wird unterstützt durch eine Pumpe 8, bei der es sich beispielsweise um eine Peristaltik- oder Piezopumpe handeln kann. Über ein Steuerventil 9 kann wahlweise entweder das zu analysierende Medium oder eine Spül- oder Referenzlösung, die auch einem separaten Behältnis 10 entstammen kann, durch die Durchflußzelle geleitet werden. Falls die Meßlösung auch quantitativ vermessen werden soll, empfiehlt es sich, auch ein Gebläse vorzusehen, um insbesondere den ATR-Körper vor jeder neuen Messung trocken zu blasen.

In einer besonderen Ausgestaltung kann es sich bei der Durchflußzelle 1 um eine solche handeln, die ausgewechselt, das heißt durch eine andere Durchflußzelle, z.B. auch mit einem unterschiedlichen ATR-Körper ersetzt, werden kann. Auswechselbare Durchflußzellen kommen insbesondere immer dann zur Anwendung, wenn sichergestellt werden soll, daß sterile Bedingungen eingehalten werden und/oder das Meßergebnis auf gar keinen Fall durch gegebenenfalls auf der Oberfläche des ATR-Körpers haften gebliebene Rückstände der zuvor vermessenen Probe verfälscht werden soll, beispielsweise bei der Dialyse. Die ausgewechselten Durchflußzellen können entweder entsorgt oder recycelt werden.

Figur 2 ist eine Meßeinheit 11 zu entnehmen, in der ein beschichteter ATR-Körper 12 aus im wesentlichen Zinkselenid in einen Halter 13 eingelassen ist. Der ATR-Grundkörper aus Zinkselenid ist mit einer Schicht 14 aus Diamant versehen, deren eine ebene Begrenzungsfläche mit dem zu analysierenden Medium in Verbindung kommt und deren hierzu parallele Begrenzungsfläche im Inneren des ATR-Körpers einen evakuierten oder mit Luft oder Gas gefüllten Hohlraum 15 abgrenzt. Der ATR-Grundkörper 12 verfügt über mehrere ebene Begrenzungsflächen, an denen der einfallende Infrarotstrahl reflektiert wird. Der Halter 11 kann einen Kanal oder ein Kanalsystem 16 zur Thermostatierung der Meßzelle aufweisen. Der Infrarotstrahl nimmt wiederum seinen Ausgang bei der Lichtquelle 4' in Form eines Quantenkaskadenlasers und wird über die Detektoreinheit 6' registriert. Das bzw. die detektierten Signale werden in der Auswerteeinheit 7' analysiert bzw. aufbereitet. Um mit der abgebildeten Meßeinheit hinreichend genaue infrarotspektrometrische Untersuchungen vornehmen zu können, reicht es aus, wenn die Seitenlänge bzw. der Durchmesser, der dem Medium zugewandten Begrenzungsfläche der Diamantschicht im Bereich von etwa 4 bis 5 mm liegt. Probenvolumina $< 100 \mu\text{l}$ sowie selbst solche im Bereich von 5 bis $50 \mu\text{l}$, also z. B. $10 \mu\text{l}$, können ohne weiteres mit der dargestellten Meßzelle auf das Vorliegen einer oder mehrerer Substanzen untersucht werden. Mehrere Substanzen können gleichzeitig nebeneinander bestimmt werden.

Die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung erlaubt damit erstmals einen einfachen verlässlichen und kostengünstigen Zugang für die Analyse und Charakterisierung von insbesondere polaren Substanzen, z.B. solchen mit Hydroxyfunktionen, selbst in wässrigen Systemen mit hoher Genauigkeit. Von Vorteil ist weiterhin, daß auch kleinste Probemengen insbesondere auch kontinuierlich detektiert werden können. Als vorteilhaft hat sich ebenfalls erwiesen, daß die erfindungsgemäße Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere die verwendete Meßeinheit sowie die Kombination aus Meßeinheit und Quantenkaskadenlaser, gegebenenfalls auch unter Einschluß eines Detektors, extrem erschütterungsunempfindlich ist und darüber hinaus eine miniaturisierte Bauweise erlaubt.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Ansprüchen sowie in den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombi-

nation für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

BOEHMERT & BOEHMERT ANWALTSSOZIELTÄT

Boehmert & Boehmert • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstr. 12

80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1972)
DIPLO.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1900-1987)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOOFMANN, PA, Bremen
DIPLO.-PHYS. DR. HEINZ GÖDDAR, PA, München
DR.-ING. ROLAND LIESSEGANG, PA, München
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIPLO.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1903-1992)
DR. LUDWIG KÖCKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA, Bremen
MICHAELA RUTH-DIERIG, RA, München
DIPLO.-PHYS. DR. MARION TÖNNHARDT, PA, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen
DIPLO.-ING. EVA LIESSEGANG, PA, München
DR. AXEL NORDEMAN, RA, Berlin
DIPLO.-PHYS. DR. DOROTHÉE WEBER-BRULS, PA, Frankfurt
DIPLO.-PHYS. DR. STEFAN SCHÖPE, PA, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA, München
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERNHARD NORDEMAN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA, München

PROF. DR. WILHELM NORDEMAN, RA, Rostock
DIPLO.-PHYS. EDUARD BALDMANN, PA, Hohenkirchen
DR.-ING. GERALD KLÖPSCHE, PA, Düsseldorf
DIPLO.-ING. HANS W. GROENING, PA, München
DIPLO.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA, München
DIPLO.-PHYS. LORENZ HANSENWINKEL, PA, Paderborn
DIPLO.-ING. ANTON FRIEDRICH KIEDERER V. PAAR, PA, Landshut
DIPLO.-ING. DR. IAN TÖNNES, PA, RA, RM
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA, RM
DIPLO.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA, Bremen
DIPLO.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA, Berlin
DR. VOLKER SCHMIDT, M. Sc. (Chem.), RA, München
DR. ANKE NORDEMAN-SCHIFFEL, RA, Paderborn
KERSTIN MAUCH, LL.M., RA, Paderborn
DIPLO.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA, München
JÜRGEN ALBRECHT, RA, München
DR. KLAUS TIM BRÜCKNER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Paderborn
DIPLO.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA, München
FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA, München
DIPLO.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München
DIPLO.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. MEYER, PA, Frankfurt
DIPLO.-ING. DR. STEFAN TARTAGLIA, PA, Düsseldorf
PASCHAL DECKER, RA, Paderborn

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with
DIPLO.-CHEM. DR. HANS-ULRICH MAY, PA, München

PA - Patentanwalt/Patent Attorney
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law
• - European Patent Agency
• - Brandenburg, zugelassen im OLG Brandenburg
• - Maître en Droit
• - Licencié en Droit
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markengericht, Alicante
Professional Representatives at the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen
Your ref.

Neuanmeldung
(Patent)

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

J50002

Bremen,

3. April 2002

Johann Wolfgang Goethe Universität
Senckenberganlage 31
60054 Frankfurt am Main

Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere für die Spektrometrie wässriger Systeme

Ansprüche

1. Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere für die Spektrometrie wässriger Systeme, umfassend mindestens eine Meßeinheit, insbesondere eine Meßzelle, umfassend mindestens einen ATR-Körper und mindestens eine Infrarot-Lichtquelle, dadurch gekennzeichnet, daß
die Infrarot-Lichtquelle einen oder mehrere Quantenkaskadenlaser (4, 4') umfaßt und
daß die Meßeinheit mindestens einen ATR-Körper (2) enthält, der mindestens zwei

- 46.595 -

Hollerallée 32 • D-28209 Bremen • P.O.B. 10 71 27 • D-28071 Bremen • Telefon +49-421-34090 • Telefax +49-421-3491768

MÜNCHEN - BREMEN - BERLIN - DÜSSELDORF - FRANKFURT - BIELEFELD - POTSDAM - BRANDENBURG - KIEL - PADERBORN - LANDSHUT - HOHENKIRCHEN - ALICANTE

<http://www.boehmert.de>

e-mail: postmaster@boehmert.de

ebene Begrenzungsflächen (5) umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5.

2. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine IR-Meßstrahlung an mindestens einer ebenen Begrenzungsfläche (5) des ATR-Körpers (2) abgeschwächt totalreflektierbar ist.
3. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Quantenkaskadenlaser (4, 4') elektromagnetische Strahlung mindestens einer definierten Frequenz, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, abstrahlt bzw. abstrahlen.
4. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Quantenkaskadenlaser (4, 4') elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Frequenzen, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, abstrahlen.
5. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Quantenkaskadenlaser (4, 4') elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Frequenz, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, zeitgleich oder nahezu zeitgleich abstrahlen.
6. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Quantenkaskadenlaser (4, 4') elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Frequenz, insbesondere aus dem Mittel-Infrarotbereich, in zeitlicher Abfolge abstrahlen.

7. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
die von einem Quantenkaskadenlaser (4, 4') emittierte elektromagnetische Strahlung in Form von Pulsen mit definierter Zeitdauer abgegeben wird.
8. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß
die Dauer der Pulse, insbesondere bei elektromagnetischer Strahlung unterschiedlicher Frequenzen, unterschiedlich lang ist.
9. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß
unterschiedliche Frequenzen der von einem oder von mehreren Quantenkaskadenlasern (4, 4') herrührenden elektromagnetischen Strahlung in sequentieller Abfolge abgestrahlt werden.
10. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß
die elektromagnetische Strahlung gemäß einem Multiplex-Muster pulswise abgestrahlt wird.
11. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
die Meßzelle (1) eine, insbesondere druckstabile, Durchflußzelle oder eine im Eingangs- und Ausgangsbereich jeweils reversibel verschließbare, insbesondere druckstabile, Durchflußzelle darstellt.
12. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
der ATR-Körper (2) mindestens eine Wandung einer Meßzelle oder einen Teil davon darstellt.

13. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
der ATR-Körper (2) die Meßzelle (1) darstellt.
14. Infrarotmeßvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß
die Meßzelle (1) oder der ATR-Körper (2) eine, insbesondere druckstabile, Tauchsonde darstellen.
15. Infrarotmeßvorrichtung, nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
der ATR-Körper (2) aus Diamant, Saphir, Cadmiumtellurid, Thalliumbromid-Jodid, Silizium, Germanium, Zinkselenid, Zinksulphid, Magnesiumdifluorid, Cäsiumjodid, Silberchlorid, Kalziumdifluorid, Kaliumbromid, Natriumchlorid und/oder einem für Infrarotstrahlung transparenten Werkstoff, insbesondere Polymerwerkstoff, mit einem Brechungsindex vorzugsweise ≥ 1.5 , insbesondere aus Polyethylen, gebildet wird.
16. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
diese eine, insbesondere computergestützte, Auswerteeinheit (7, 7') und/oder mindestens einen Detektor (6, 6') umfaßt.
17. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß
die Auswerteeinheit (7, 7') gegen eine zweite oder weitere Auswerteeinheit (7, 7') auswechselbar ist.
18. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß
über die Auswerteeinheit (7, 7') Faktoranalysen, Multiple Least Square Algorithmen oder neuronale Netzwerk-Analysen auf der Basis der beim Detektor (6, 6') eingehenden Signale für deren Auswertung durchführbar sind.

19. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
wenigstens der ATR-Körper (2) und/oder die Meßeinheit (1) thermostatisierbar ist bzw. sind.
20. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
die Meßeinheit (1) druckstabil ist, insbesondere gegenüber Drücken bis zu 100 bar.
21. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
der ATR-Körper (2, 12) wenigstens auf einer Begrenzungsfläche (5), die dem zu analysierenden Medium aussetzbar ist, eine für die Meßstrahlung transparente Beschichtung (14) umfaßt.
22. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß
die Beschichtung (14) eine Stärke aufweist, die geringer ist als die, vorzugsweise halbe, Wellenlänge der verwendeten Infrarotmeßstrahlung, insbesondere im Bereich von etwa 2 nm bis etwa 25 μm , vorzugsweise von etwa 2 μm bis etwa 10 μm . *5 μm am besten*
23. Infrarotmeßvorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß
die Beschichtung (14) eine ATR-Körper-Materialschicht, insbesondere eine Diamantschicht, umfaßt und daß der beschichtete ATR-Körper vorzugsweise Zinkselenid umfaßt.
24. Infrarotmeßvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
der Detektor (6, 6') einen photoakustischen Detektor umfaßt.



25.

Urinal, umfassend ein Urinalbecken, enthaltend mindestens einen ATR-Körper (2, 12) mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen (5), der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers (4, 4') einkoppelbar ist; und/oder mindestens eine Abflußleitung, in die eine Meßeinheit (1), insbesondere Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper (2, 12) mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen (5), der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers (4, 4'), einkoppelbar ist.

26.

Urinal nach Anspruch 25, insbesondere umfassend eine Infrarotmeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der ATR-Körper (2) in Wirkverbindung mit mindestens einem Quantenkaskadenlaser (4, 4') und/oder einem Detektor (6, 6') und/oder einer Auswerteeinheit (7, 7') steht.

27.

Klosett, umfassend eine Klosettschüssel, enthaltend mindestens einen ATR-Körper (2) mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen (5), der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers (4, 4') einkoppelbar ist; und/oder mindestens eine Abflußleitung, in die eine Meßeinheit (1), insbesondere Meßzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper (2) mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen (5), der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersu-

chenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers (4, 4'), einkoppelbar ist.

28. Klosett nach Anspruch 27, insbesondere umfassend eine Infrarotmeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der ATR-Körper (2) in Wirkverbindung mit mindestens einem Quantenkaskadenlaser (4, 4') und/oder einem Detektor (6, 6') und/oder einer Auswerteeinheit (7, 7') steht.
29. Verwendung der Infrarotmeßvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 24 zur qualitativen und/oder quantitativen Bestimmung von Inhaltsstoffen, insbesondere von Sacchariden, Harnstoff, Kreatinin, Triglyceriden, Kohlensäure, Protein, Alkoholen und/oder Phosphorsäureestern, in nicht-wässrigen und insbesondere wässrigen Systemen.
30. Verwendung nach Anspruch 29, wobei als wässriges System insbesondere Bier, Wein, Fruchtsaft, Spirituosen oder Softdrinks eingesetzt wird.
31. Verwendung nach Anspruch 29, wobei als wässriges System Urin und/oder Kot eingesetzt wird.
32. Verwendung nach Anspruch 29, wobei als wässrige Systeme Lymphe, Speichel und/oder Blut eingesetzt wird.
33. Verwendung nach Anspruch 29, wobei als wässriges System die bei der Dialyse anfallende Waschflüssigkeit eingesetzt wird.
34. Verwendung nach Anspruch 29, wobei als wässriges System Prozeßflüssigkeit, Abwasser oder Waschlauge eingesetzt wird.

35. Verwendung der Infrarotmeßvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 24 zur qualitativen und/oder quantitativen Bestimmung von Inhaltsstoffen in Obst und Gemüse.
36. Hohlkörper, insbesondere eine Nadel, ein Rohr oder eine Tauchsonde, mit nicht-transparenten Seitenwandungen, insbesondere mit einem sich verjüngenden Ende, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Endbereich oder an einem Ende, insbesondere im sich verjüngenden Ende, des Hohlkörpers ein ATR-Körper (2) dichtend angebracht ist, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen (5) umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, wobei durch das Innere des Hohlkörpers mindestens ein Laserstrahl auf den ATR-Körper (2) einkoppelbar ist.
37. Verwendung des Hohlkörpers gemäß Anspruch 36 als Meßeinheit (1) oder als Bestandteil einer Meßeinheit einer Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere einer Meßvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 24.
38. Verwendung Hohlkörpers, insbesondere des Rohres oder der Nadel gemäß Anspruch 36 für die invasive Bestimmung von Inhaltsstoffen in Körperflüssigkeiten, insbesondere im Blut, von Lebewesen.
39. Kanüle, insbesondere Stent, enthaltend mindestens eine Meßzelle (1), insbesondere eine Durchflußzelle, enthaltend mindestens einen ATR-Körper (2) mit mindestens zwei ebenen Begrenzungsflächen (5), der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5, in den ein Laserstrahl, insbesondere mindestens ein Strahl eines Quantenkaskadenlasers (4, 4') einkoppelbar ist; und/oder mindestens einen Hohlkörper gemäß Anspruch 34.

40. Kanüle nach Anspruch 39, insbesondere umfassend eine Infrarotmeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der ATR-Körper (2) in Wirkverbindung mit mindestens einem Quantenkaskadenlaser (4, 4') und/oder einem Detektor (6, 6') und/oder einer Auswerteeinheit (7, 7') steht.
41. Verwendung der Kanüle nach Anspruch 39 oder 40 für die quantitative und/oder qualitative Bestimmung von Inhaltsstoffen, insbesondere von Sacchariden, Harnstoff, Kreatinin und/oder Triglyceriden, in Körperflüssigkeiten, insbesondere Blut, von Lebewesen.
42. Meßeinheit, insbesondere Meßzelle, umfassend mindestens einen ATR-Körper, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinheit mindestens einen ATR-Körper (2) enthält, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen (5) umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1,5, wobei die Meßeinheit druckstabil ist, insbesondere gegenüber Drücken bis 100 bar.

Zusammenfassung.

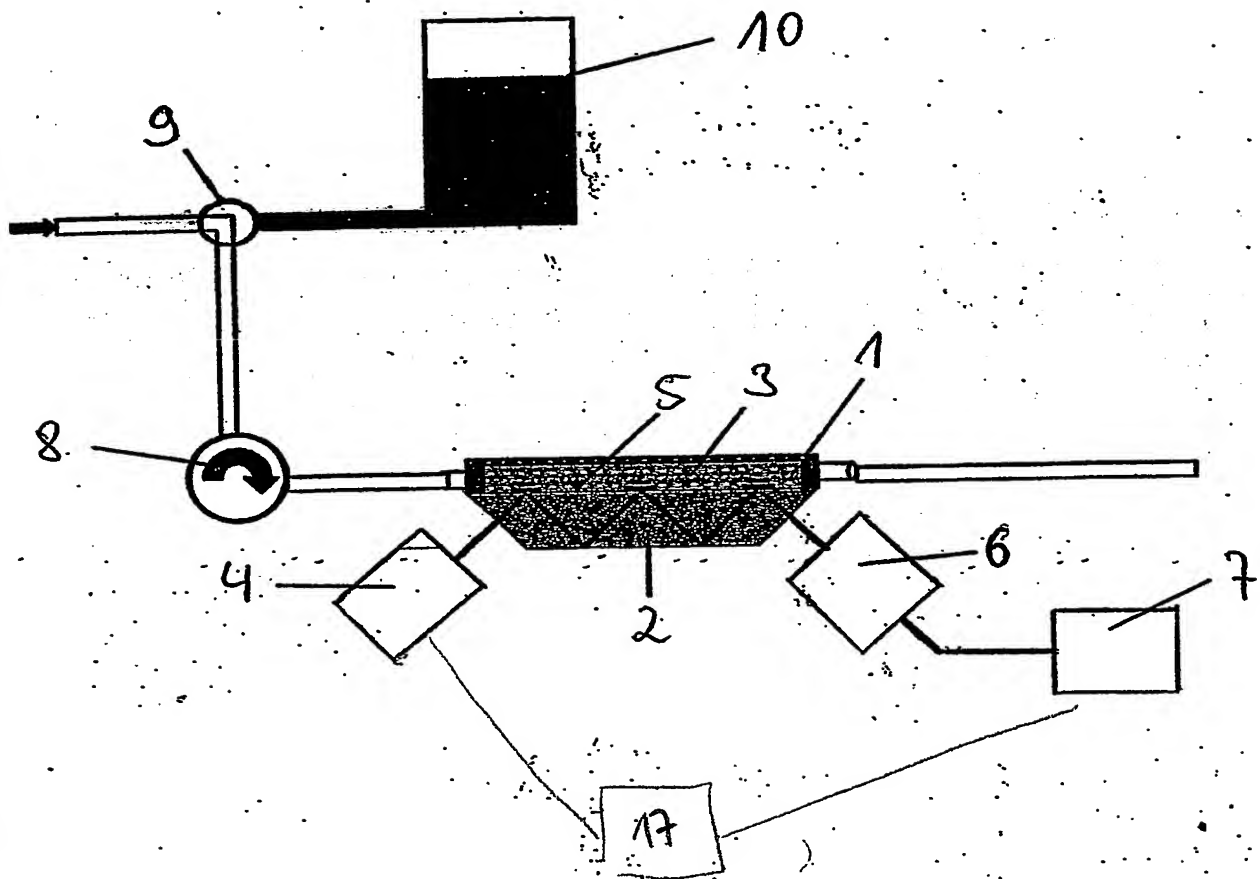
Die Erfindung betrifft eine Infrarotmeßvorrichtung, insbesondere für die Spektrometrie wässriger Systeme, umfassend mindestens eine Meßeinheit, insbesondere eine Meßzelle, umfassend mindestens einen ATR-Körper und mindestens eine Infrarot-Lichtquelle, wobei die Infrarot-Lichtquelle einen oder mehrere Quantenkaskadenlaser umfaßt, die insbesondere Strahlung einer Wellenlänge im mittleren Infrarotbereich emittieren, und daß die Meßeinheit mindestens einen ATR-Körper enthält, der mindestens zwei ebene Begrenzungsflächen umfaßt, der für die Meßstrahlung transparent ist und der einen Brechungsindex aufweist, der größer ist als der eines an mindestens eine Begrenzungsfläche angrenzenden, zu untersuchenden Mediums, insbesondere größer oder gleich 1.5.

Bezugszeichenliste:

- 1 Meßzelle, Durchflußzelle
- 2 ATR-Körper
- 3 zylinderförmiger Kanal
- 4, 4' Quantenkaskadenlaser
- 5 ebene Begrenzungsfläche des ATR-Körpers 2
- 6, 6' Detektor
- 7, 7' Auswerteeinheit
- 8 Pumpe
- 9 Steuerventil
- 10 separates Behältnis für Spül- und/oder Referenzlösung
- 11 Meßeinheit
- 12 beschichteter ATR-Körper
- 13 Halter
- 14 Beschichtung, Diamantschicht
- 15 Hohlraum im ATR-Körper 12
- 16 Kanalsystem zur Thermostatierung der Meßeinheit 11

1/2

Fig. 1



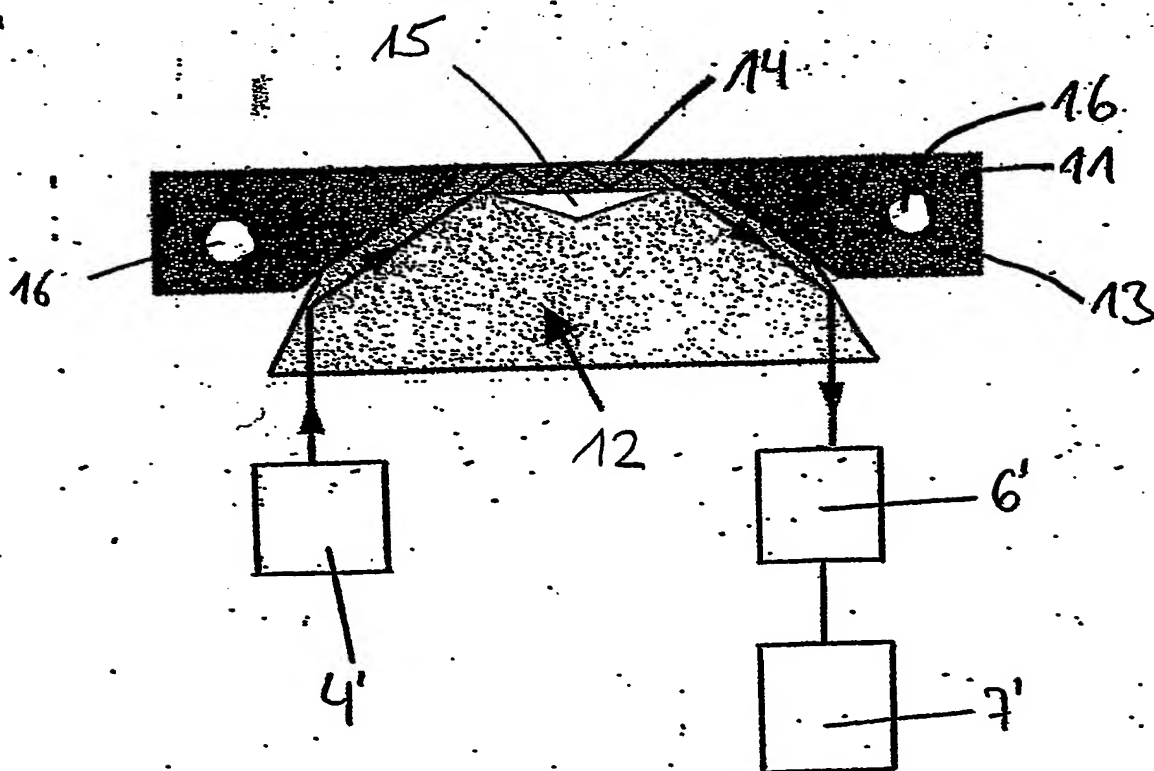
17 Multiplex



750002

2/2

Fig. 2



750002

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.